

智能制造

环球参考

Worldwide Insight for Intelligent Manufacturing

中国科协智能制造学会联合体出品

2018年9月 第3期 总第5期



【定向跟踪】

未来的自动化仓库 04

机器人彻底改变了农业生产 07

【国外专家观点】

制造业数字化的重要性及相关措施 09

【专题报告】

变革性的制造技术 15

【国家主题】

德国生物经济战略与创新 21



中国科协智能制造学会联合体
Intelligent Manufacturing Alliance of CAST Member Societies

IMAC

最新热点

01 航空、数字健康和国家安全领域的柔性混合电子创新等6则



02

定向跟踪

04 未来的自动化仓库

随着大数据和物联网的发展，自动化正在上升到新的复杂程度。对于愿意研究、开发或使用机器人仓储解决方案的企业来说，这意味着降低劳动力成本、增加分拣能力，以及最大限度地减少人为错误的新机会。



04

07 机器人彻底改变了农业生产

农业机器人正在世界各地实现集成化生产操作，以帮助农民劳作，并提高该行业各个方面的生产力，本文介绍当前的三个最创新的机器人。

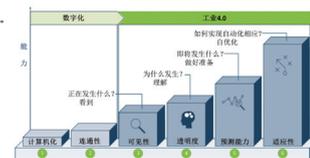


08

国外专家观点

09 制造业数字化的重要性及相关措施

本文说明了什么是智能制造，数字化如何改变全球制造业及其对生产力所带来的影响。工业物联网技术依然处于早期阶段，制造商在践行智能制造理念时依然存在许多障碍。为促进技术采用，进一步研究了针对共同国际标准的开发。



12

专题报告

15 变革性的制造技术

新技术的出现为重建美国在先进技术方面的制造竞争力创造了机会。跨领域技术和先进材料促进了美国国内生产，并影响多个行业。与此同时，包括制药和半导体在内的特定先进行业的产品和工艺技术转变，正在创造跨越现有标准实践的机会。

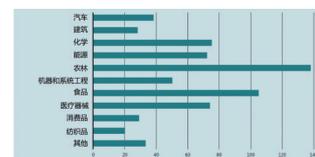


15

国家主题

21 德国生物经济战略与创新

基于生物的创新已经彻底改变了整个工业部门。生物精炼的概念不仅经常用于化学和能源工业的生产过程，而且还用于食品行业。生物基原料越来越多地被用于整个行业，在回收或废物产品的工业加工中建立价值链。当前的流程、产品和服务将进行调整来满足可持续经济活动的要求。



27

航空、数字健康和国家安全领域的柔性混合电子创新

美国柔性混合电子制造研究所NextFlex于2018年8月发布了新一轮项目征集Call 4.0 (PC 4.0)，获资助项目将包括在柔性混合电子设备加工、电子纺织、3D电子设计和电源集成等方面的创新。

对前三次项目征集计划的响应令人震惊，共收到178份初始提案，投资额超过5900万美元。本次Call 4.0的总项目资金预计将超过1000万美元。

Call 4.0项目的需求范围非常广泛，代表了NextFlex在广泛的应用领域（从数字健康、商业航空到国家安全需求）所确定的技术和能力空白。这些领域包括可穿戴设备封装技术、高性能和高层数柔性混合电子、3D电子设计、电子纺织领域的挑战解决方案、生化监控平台、以及无人机轻型电子设备等。

项目提案应该解决行业驱动的问题，并提供解决方案，包括将项目转移到美国工业制造基地的计划。项目提案应侧重于以下制造重点领域：

- 设备封装和包覆成型；
- 高级3D电气设计软件解决方案；
- 柔性混合电子设备和电子纺织品连接器的评估和开发；
- 开发适用于片对片生产的载体系统；
- 集成电路接口演示的高层计数柔性混合电子处理；
- 柔性的电池集成演示和参考设计。

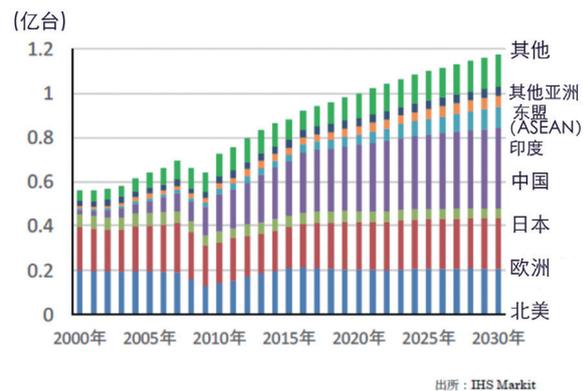
为了验证这些制造能力，项目提案侧重于以下方向：

- 用于结构健康监测的大面积传感器系统；
- 用于监测流体生物标志物的微创可穿戴柔性装置；
- 无人机轻型柔性电子平台。

日本发布汽车新时代战略会议中期报告

2018年8月31日，日本经济产业省发布汽车新时代战略会议中期报告。2018年4月由经济产业省组建了汽车新时代战略委员会，该委员会致力于探讨日本汽车工业在汽车相关的商业环境发生巨变的情况下，应该采取哪些战略来领导全球创新。

随着互联系统、自动驾驶、共享服务和电气化车辆的出现，汽车工业进入了一个新时代，技术创新的范式转变正在重塑汽车工业。在这一转变过程中，日本汽车工业必须提高竞争力，引领全球创新，并为解决全球问题，包括为气候变化做出贡献。



日本经济产业省特此根据委员会的讨论结果发布这份中期报告。该报告设定了日本到2050年应该实现的长期目标，包括：推动日本汽车制造商在全球市场上生产的汽车转向xEVs（电动汽车，包括电池电动汽车、插电式混合动力电动汽车、混合动力电动汽车和燃料电池电动汽车）；实现世界最高水平的环境表现；并有助于实现“从油井到车轮的零排放”政策（从燃料和电力生产到汽车运行，将车辆的总排放足迹减少到零）。此外，报告制定了实现这些长期目标的基本政策和具体关键行动。

通过语音通道控制无人机

无人机技术前景广阔，但在大规模投入商业使用之前，仍有一些障碍需要克服，控制和确定其位置的安全通信是一项挑战。今天的无人机通常由常规遥控器控制。然而，这种解决方案严重约束了无人机的使用范围。而使用移动网络的数据信道交换信息，也有其缺陷，这些信道不是为了提供恒定的实时连接而设计的，这意味着连接经常会中断。此外，当数据通道用于繁忙的城市中心或重大活动时，存在网络过载的风险。另一个解决方案是建立一个无人机专用基础设施，让控制器与设备通信。但是，除了将涉及的复杂性和费用之外，这项工作所需的无线电资源很少。可用频率范围经常受到中断和容量过载的困扰，使得这种解决方案既不安全，也不存在经济可行性。



柏林弗劳恩霍夫-海因里希·赫兹研究所(HHI)的科学家们找到了一个解决方案：呼叫无人机。专家们已经开发出一种稳定、经济、不受范围限制的解决方案，并且基本上已经准备就绪：使用移动网络中的语音通道控制无人机。

不同于数据连接，语音频道几乎随处可见，而且也非常可靠。即使在只有有限的数据连接或者根本没有数据连接的地区，语音频道通常仍有网络覆盖。无人机控制基于双向通信工作，不需要新的无线电标准或基础设施。无人机的位置可以通过谷歌地图等在线地图服务来可视化，

该设备可以实时传送这些信息。无人机可以由地面上的操作员控制，也可以通过发射航路点来控制，后一种选择特别适合包裹递送等应用。

意大利开发快速检测牛奶的光学传感器

一种新的光学传感器可以检测牛奶中污染物的存在，并在5分钟内产生详细的读数，它将大大降低成本，减少浪费，减少与乳制品行业生产、质量控制和加工阶段相关的抗生素使用。

当前，在奶牛场进行标准测试往往需要花费几天的时间。在生产过程的几乎每个阶段都需要进行大量检查，以避免交付给消费者的乳制品受到任何可能的污染，样品通常需要被取走并送往实验室。而使用新的传感器系统，牛奶样品可以在5分钟内被乳制品厂的技术人员和非专家的农场用户分析。这种新型手掌大小的传感器将是检查牛奶和其他乳制品质量参数和牛奶成分的最简单方法。

这种光学传感器将直接在牛奶价值链的每一点进行现场测量，可以同时扫描牛奶中的两种蛋白质和十种污染物。利用收集到的信息，可以防止抗生素和黄曲霉素等污染物进入食物链。同时，可以预测牛奶质量和奶牛健康。

在博洛尼亚的意大利国家研究委员会的研究人员、项目协调员斯特凡诺·托法宁说，“有了这个传感器系统，农民将有机会了解奶牛的健康状况，奶牛场将能够对牛奶中的污染物做出即时判断，加工者可以关注质量控制。”这种传感器是基于创新纳米光子技术的多参数工具。它被设计用于检测牛奶污染物，并提供了一个廉价的预警系统。这将有助于整个乳制品行业节省时间、减少数百万欧元和数加仑的浪费。能够廉价定期监测牛奶意味着农民和政府官方控制机构可

以建立动物数据档案，跟踪奶牛健康状况。农民和兽医的早期干预可以导致谨慎使用抗菌药物并全面减少其使用。

德国微电子驱动数字经济的创新

微电子技术正在为德国创新潜力的提升做出决定性贡献。德国联邦教育与研究部于2018年7月发布《德国微电子：驱动数字经济的创新——德国联邦政府研究与创新框架计划2016-2020》。在该框架计划中，提到以下利用微电子技术应对未来的任务：

1.迈向工业4.0。工业4.0是指生产与信息技术的融合。电子和传感器系统在这方面的作用至关重要：它们将生产设备和产品转化为信息物理系统，相互通信，优化生产，以安全、可靠的方式与人类互动。

2.电动汽车的电子系统。微电子技术的创新需要研究的领域有：新型电子电池管理系统（能使电池芯充放更多电量），节能、智能的车载电源和控制设备，以及高度集成、节能的电力驱动，通过将控制元件和电力电子元件集成到发动机上，可以节省空间和成本。

3.未来的无人驾驶汽车。电子技术会在电气化道路交通和无人驾驶道路交通中，发挥出工程协同效应的潜力。需要进一步研究在恶劣的周边条件和复杂的交通情况下，能够可靠地检测周围环境。汽车的自动功能也要求可靠性要高，基于芯片的安全技术，是提供这种安全保障的先决条件。

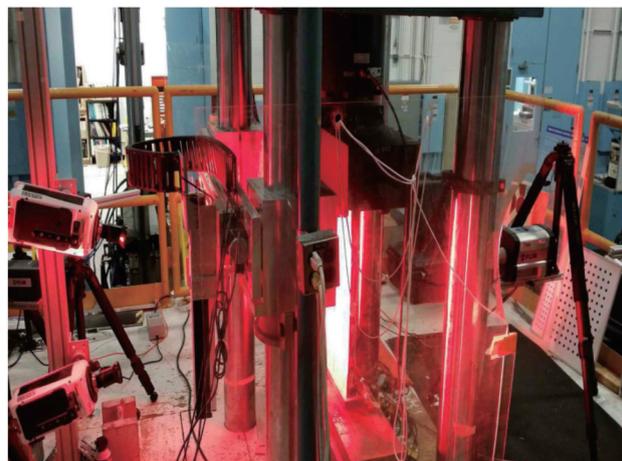
4.可持续的高效能源供应。光伏发电、风力发电的变压整合，储能系统的整合，电网稳定的保障，都需要使用电子系统。“虚拟发电厂”、网络化智能发电和载荷也越来越需要智能化的电子系统。

5.用于健康生活的电子系统。作为一项关键技术，它正在促进医疗产品（智慧健康）水平的提高，即更智能或网络化水平更高。其中包括医院里住院患者用的电子诊疗系统、人体内外移动诊疗用的可穿戴式节能电子设备和传感器系统。

NASA研究一种非常灵敏的实时损伤检测系统

美国国家航空航天局（NASA）发布了关于连续损伤大面积现场测量以及负载过程中结构失效判断的系统和方法。

在测试复合材料结构时，理解结构对负载的响应性尤为重要。理解结构失效的原因，可以帮助优化设计，提高零件在其寿命周期内的安全性和性能。需要采用适当的检查方法来确定先进复合材料结构在加载过程中的损伤起因和生长状态。过去，在负载过程中现场检测复合结构的方法包括：声发射、无源热成像、数字图像相关和光纤技术等。然而，这些方法都存在严重的局限性。现在，通过将声发射事件映射到热图像上，结合声发射无损评估技术，可以实现一种非常灵敏的实时检测损伤形成和生长的测量系统。



未来的自动化仓库

作者：克莱尔·沃尔特斯，优尼派特（Unipart）物流公司首席商务官

当企业打算采用自动化仓储时，应该从哪里开始？在这一过程中，可能会面临哪些挑战？

自动化仓库令人惊叹

自动化仓库是一个令人惊叹的景象：想象一个电路板的活动，几十个箱形机器人在托盘之间自由穿梭，扫描货架，取回货物，然后送到分拣站。这只是描述自动化技术在英国仓库中应用的各种场景之一。



图1 令人惊叹的现代自动化仓库

对仓储业务或更广泛的供应链来说，自动化本身并不陌生。但是，随着大数据和物联网的最新发展，自动化正在上升到新的复杂程度。

对于愿意研究或开发机器人仓储解决方案的企业来说，这意味着降低劳动力成本、增加分拣

能力，以及最大限度地减少人为错误的新机会。

实现自动化仓储的潜力

在任何形式的仓库自动化中，使用机器人最明显的原因是为了节约成本。如果实施得当，它减少了仓库作业所需的劳动力，提高了生产率，并创造了更好地利用建筑空间的潜力。

更仔细地看，许多企业通过仓库效率分析发现了机会。

当与智能数据和集成系统进行集成时，机器人应用程序可以提供更大的灵活性和响应能力。以关键截止时间为例如，仓库可能在18:00收到订单，需要在18:30之前发货。这份订单必须能够得到快速处理，否则将无法按时发货。这可能会对最终客户产生深远影响，影响服务的级别。

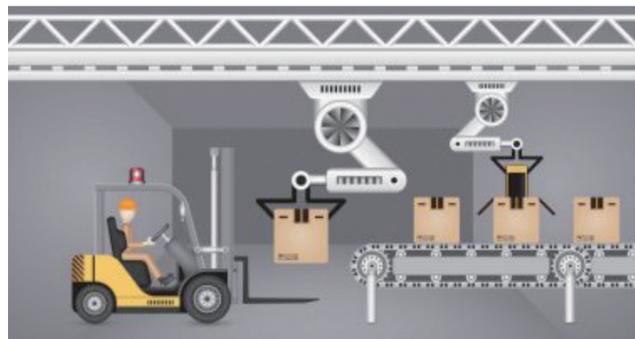


图2 自动化解决方案可以完全消除健康和安全风险及限制

另一个触发因素是健康和​​安全，这是许多企业在考虑机器人应用时经常忽略的。仓库通常是危险的环境，要求企业竭尽全力确保操作人员远离危险。自动化解决方案可以在某些任务中增加人的因素，完全消除健康和​​安全风险及限制。

在这方面的一个很好的例子是库存盘点。通过使用带有摄像头的小型无人驾驶飞机，可以很容易地进入空中，检查12米高的托盘。不再需要​​有安全带，不再需要​​有特殊电梯，不再有风险。

机器人解决方案集成到仓库中

在仓储领域，机器人解决方案可以分为几个领域。有用于存储目的的机器人，包括所有类型的起重机或所谓的自动存储和检索系统(ASRS)。

例如，叉车很难到达存放在离地面16米高处的货盘，而自动回收系统可以更好地利用高度。因为机器人系统可以非常精确，所以检索过程每次操作花费的时间更少。

此外，通过安装机器人模块，任何仓库车辆都可以成为自动引导车辆(AGV)。好处是这些机器可以在现有仓库安装中工作，这意味着它们可以相对快速地引入，并且不需要对现有流程进行全面的检修。

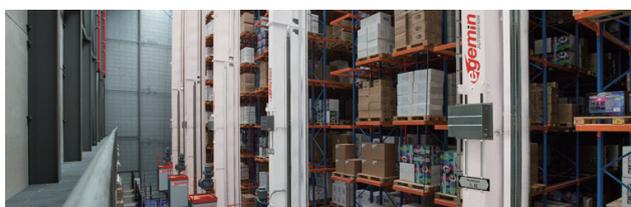


图3 自动化仓储系统

机器人仓储带来了新挑战

一个潜在的缺陷是，机器人对容差更敏感。根据定义和设置，自动车辆遵循预先编程的指令。例如，人类可以非常容易地处理不平的地板带来的问题。但是，对于自动导向车来说，这可能会导致严重的问题。



图4 通过安装机器人模块，任何仓库车辆都可以变成自动导向车

想象一下，你在管理仓库，从供应商那里收到货盘。如果货盘装载在全自动系统内或由任何形式的自动导向车处理，它需要符合特定的标准。木质托盘本身应该完好无损的，不应该有任何钉子从上面伸出来，里面的东西应该被固定。人工操作时，这些问题可以在人们识别、反应和适应情况的过程中逐个进行管理。而使用机器人时，它们可能会是关键故障因素。

企业可能会发现需要做大量的工作，来使货盘达到自动化系统要求的质量标准，或者能够将

货盘展示给自动导向车。企业可以与供应商一起管理这一过程，这可能会很棘手，也可以投入额外的劳动力来进行返工，这将会抵消自动导向车节省劳动力所带来的好处。

为仓储的未来做准备

机器人仓储带来的潜在节约是巨大的，尤其是在企业层面。但重要的是要意识到，在企业进入试验阶段之前，有一些隐藏的细节需要整理。如果企业在确定供应链特有的挑战之前就引入了自动导向车，然后遇到了一个无法轻易克服的问题，将不得不推迟启动，同时需要重新投资解决这个问题。通过绘图、模拟和工艺试验进行准备是至关重要的。

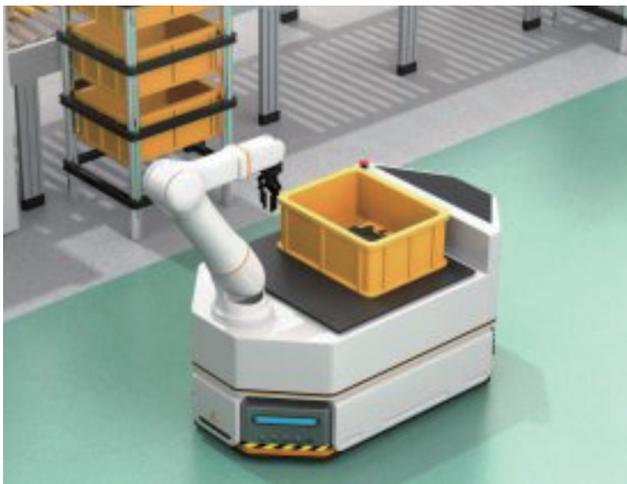


图5 机械臂在输送机旁边移动的自驱动自动导向车

许多公司正在探索这些问题，因为目的是提高仓库效率，直接节约成本。但是，我们不仅仅是在谈论仓库效率措施。机器人技术也提高了一

定程度的供应链敏捷性，这种敏捷性要么是今天无法实现的，要么是非常昂贵的。机器人基本上是可以通宵劳动的，也没有薪酬，这使得它非常具有吸引力，特别是对于那些由于需要对客户订单或需求变化做出快速反应而导致分销成本不断上升的企业。

许多快速消费品公司的梦想是将机器人取货、包装和搬运产品与在线订购系统、客户支持的“聊天机器人”以及管理复杂供应链的适当分析相结合。但是开发这些集成系统需要仔细并详细地分析整个供应链和需求周期。当谈到将自动化集成到真正智能、敏捷的供应链中所能带来的好处时，移动托盘的机器人是一个薄弱环节。向能够规划端到端系统的供应链专家展示潜在的问题和可实现的利益，是为供应链准备好配置机器人的关键一步。



图6 仓储系统和配送解决方案

机器人彻底改变了农业生产

作者：Maddy White, 英国杂志《制造商》(The Manufacturer)

农业机器人正在世界各地实现集成化生产操作，以帮助农民劳作，并提高该行业各个方面的生产力。本文介绍当前的三个最创新的机器人。

从除草、摘果到产量数字化和土壤监测，农业机器人可以在这个部门的几乎任何领域加强完善农业生产过程。

尽管农业机器人可能需要大量的前期投资，但它有能力通过全天候工作来提供长期回报，有助于降低劳动力成本，并提高生产率。

英国缺乏愿意在这个行业工作的人，这导致了许多移民受雇于这个行业。通过农业机器人实现自动化，可以为农民提供一种解决劳动力短缺的方法。鉴于英国退出欧盟，劳动力短缺的问题可能会持续增加。



图1 机器人促进农业的发展

土壤监测机器人

在这家位于英国朴茨茅斯的小型机器人公司 (Small Robot Company)，农业机器人汤姆就住

在现场，它的主要任务是监测作物和土壤的一致性，并将生产进行数字化处理。它逐株地收集数据，并跟踪每个生物的健康和发展。

这款完全自主的机器人，在充电不足时会自动回到“充电所”，并将电池充满电量。不仅如此，这款机器人还会下载一天中收集的数千兆字节的数据，并进行数据分析。

这种农业机器人确切知道农民的植物生长在哪里，它们是否发芽，以及需要什么。机器人汤姆甚至会建议最大限度地提高作物产量需要什么肥料或化学品。

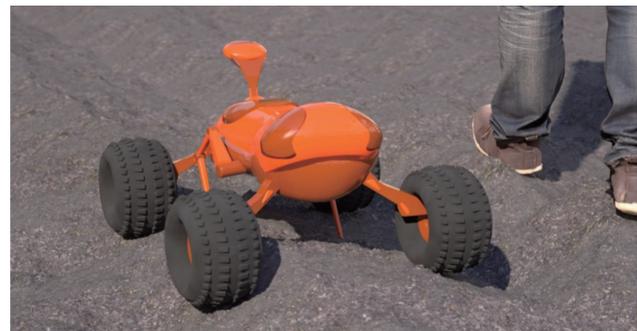


图2 土壤检测机器人汤姆

小型机器人公司的农业机器人可以自主处理所有的给养、播种和除草。而且，他们将只给养和喷洒有需要的作物，给作物提供最佳水平的营养和支持，而没有浪费。小机器人公司目前的机器人包括：汤姆（农作物和土壤监测机器人）、

蒂克（精密喷洒和激光除草机器人）、哈里（精密钻孔和种植机器人）和威尔玛（操作系统）。

自主除草机器人

法国纳奥科技公司生产的奥兹农业机器人可以清除杂草，旨在改善工作条件和减少日常工作量。这也是一个完全自主的农业机器人，但是它可以被引导和控制到任何需要的地方。奥兹需要被告知它需要除草的行数、每行的长度以及它们之间的间隔距离。

当奥兹完成除草任务后，运营商的智能手机上将直接收到一条短信通知。

这类农业机器人有五种机械特性，能够有效地清除杂草：

- 除草刷：这可以去除作物中的杂草，以免其剥夺了作物的光和空气；
- 尖刺耙：这可以清除作物行中发芽的杂草；
- 五齿耙：这种耙用来松动碾碎土壤；
- 分享锄头：一种非选择性的机械除草工具，旨在清除作物行之间的杂草；
- 扭转弹簧：将清除作物行中的新生杂草。



图3 完全自主和自动化的奥兹机器人

数据采集器

在美国能源部的ARPA-E（高级研究项目机构-能源）的支持下，伊利诺伊大学开发了TerraSentia。TerraSentia机器人携带多种传感器，它可以收集关于植物的健康、颜色、生理和压力反应等数据。然后，它将这些数据实时传输到运营商的电话或计算机上。

目前，这款四轮、24磅、足宽的机器人每天可以覆盖80英亩的土地，操作完全自动化。

农业机器人可以自主测量复杂的植物特性，例如：站立计数（特定区域内的植物或作物数量）、茎宽和茎角（这是用摄像机完成的），这些对作物的健康和生长都至关重要。

机器人研发团队正在对TerraSentia进行设计，以进一步测量特定的植物特性，包括：早期活力、株高、玉米穗高、叶面积指数、生物量等，以及检测和识别疾病，从而最大限度地发挥其技术能力。TerraSentia目前售价为五千美元，但该公司正在考虑扩大机器人的规模，以满足大小农场的需求。



图4 TerraSentia可以监测作物的健康状态

制造业数字化的重要性及相关措施

作者：Stephen Ezell，美国智库ITIF全球创新政策副总裁

本文说明了什么是智能制造，数字化如何改变全球制造业及其对生产力所带来的影响。工业物联网技术依然处于早期阶段，制造商在践行智能制造理念时依然存在许多障碍。同时，为促进技术采用，进一步研究了针对共同国际标准的开发。

现代制造业的数字化

信息通信技术（ICT）的全面应用正在重塑现代制造业，在欧洲被称作“工业4.0”，在美国被命名为“工业物联网”，还有些国家称之为“智能制造”。制造业数字化正在改变产品的设计、制造、应用、操作和售后服务的方式，同时也正在改变工厂的运作、流程、能源足迹以及制造供应链管理模式。

数字技术与制造业的融合也有望改变全球制造业竞争格局。智能制造受到多种技术进步及成熟的驱动，包括高性能计算支撑的计算机辅助设计和工程软件、云计算、物联网、先进传感技术、3D打印、工业机器人、数据分析、机器学习以及更好地使机器对机器通信的无线连接等。

其中，最重要的是将传感器和软件结合到物联网中。在工厂环境下，物联网是指在生产设

备（例如机器人、压模、执行器、3D打印机及计算机数控机器等）及其产品（例如喷气引擎、燃气轮机、放射设备及交通工具等）中使用传感器，以获得关于运营状态和产品、设备工况的实时信息流。在物联网的支持下，设备在“嵌入式计算”的环境中，使其能够相互交互和通信。嵌入在设备、机器和产品中的传感器测量各种物理量，例如输出、消耗、磨损、负载、位置、容量以及各种重要运行状态量（如温度、湿度及电流等）。物联网支持部署在车间和仓库中的制造执行系统、仓库管理系统、仓库控制系统以及物流管理系统。将工厂车间中多台设备的信息与来自生产链上其他工厂的信息以及供应商信息进行集成，为制造企业提供关于其生产流程的实时情报及有用信息，支持其做出更好的生产运营决策。传感器在创建智能制造技术所依赖的信息流方面发挥了关键作用。在过去十年里，传感器的成本已经下降了一百多倍，而全球出货量也从2012年的42亿增长到2014年的236亿。到2020年，预计有500亿的“物体”将接入物联网，传感器将在其中占有显著份额。

预计到2025年，物联网的应用将在全球范围

内实现1.2万亿至3.7万亿美元的价值，主要包括以下四种形式：

- (1) 提升运营效率；
- (2) 预测性和预防性维护；
- (3) 供应链管理；
- (4) 库存和物流优化。

在下面的案例研究中将会详细考量制造商是如何将物联网技术全面应用于制造系统和产品上市业务模型中。

在上述的四种物联网应用中，分析师预计将对企业产生最大影响的是应用物联网技术优化了（最大化）工厂车间的效率，其提高的生产率预计可高达25%，在这方面有很多引人注目的案例。例如，通用电气（GE）在美国纽约州斯克内克塔迪有一家投资1.7亿美元建设的制造工厂，该工厂为手机信号塔和发电厂设备制造大型电池。在这个工厂中，有超过1万个由物联网支持的传感器分布在十八万平方英尺的制造空间内，能实时收集温度、湿度、气压和机器运行数据。这使得GE能够实时监控生产过程，并在运行中动态调整制造流程，从而提高生产效率、降低成本。此外，所生产的电池性能可以追溯到制造过程每道工序使用的特定批次原材料。因此，GE可以追踪产品的整个谱系，从盛放废液、沙子和盐的容器，到支撑国家电网的高科技电池组。同样，通用汽车利用传感器检测车辆涂装的湿度工况，当环境条件不利时，整车或部件就可以被移到其他地方，或者在必要时调整通风系统。与之

相类似，哈雷戴维森摩托车厂也能够监测摩托车涂装区的风扇转速，在发生环境波动时，通过算法对其进行调整。

在预测性和预防性维护方面的物联网应用与工厂运营效率密切相关。使用传感器实时监控机器运行情况，将维护模型从修理模式转向预测和预防模式。例如，福特在底特律郊外的胭脂河工厂里，几乎所有生产设备都安装了物联网传感器。在福特，位于下游的机器能够检测从上游接收的工件是否在公差范围内，从而及时识别和定位上游机器可能存在的问题（未来所有单个零件和工件将具有不同的识别代码，以便对故障输入进行即时检测）。同样，丰田通过准确获知每辆车中使用的部件分别是由哪台机器生产的，从而更加快速的追踪和隔离有缺陷的部件（或者生产这些部件的有缺陷的设备），从而减少了召回的时间和成本。

当智能设备连接了供应链上所有工厂中的所有设备时，企业会看到运营效率的显著提高。例如，宝马公司的目标是了解每家公司里为每辆车生产关键部件的所有主要生产设备的实时状态。因此，诸如奥地利零部件制造商米巴公司等上游一级和二级供应商已经通过物联网来连接其生产设备，以便于向他们的原始设备制造商客户追溯和传达生产设备的运营状态。

德国汽车制造商绝不愿意因为供应商延期交付物料（例如刹车片或发动机部件）而使整车的生产周期发生延误。因此，他们希望实时了解

上游供应商出现的任何问题，以便能够及时评估生产计划会受到的影响。这表明未来的竞争力将越来越多的以整个产业供应链的实力为基础。例如，原始设备制造商能够通过协调其供应链以最大限度地提高效率，最快地将创新产品推向市场。宝洁公司的产品供应工程总监伊丽莎白·福克斯表示，宝洁公司将这种供应链管理称为“同步”，加快产品上市时间，与生产率、成本和产品质量同样重要。

物联网能够促进库存优化。例如，汽车零部件供应商美国沃斯开发了一种“iBins”系统，该系统利用智能摄像头技术监控供应箱的填充水平，并将数据无线传输到库存管理系统，以便于在需要时重新调整发货顺序。在未来，物联网支持的自动运输车会与寄售机器人在工厂车间协同工作，自动为即将到来的生产工序找到并选择恰当的材料，从而显著增强工厂物流系统。

跨越障碍

上述案例论证了现代制造业数字化预示的潜力，但要在全球经济中充分实现这一愿景，仍然有很长的路要走。美国制造业从2011年到2016年的生产率增长仅为百分之一，是自1948年开始统计以来的最低纪录。同样，在过去十年（从2007年12月到2017年12月），全美劳动生产率的年增长率仅为1.1%。在发明“工业4.0”这一术语的德国，于2015年开展的一项对4500家德国中小企业制造商的调查发现，听说过“工业4.0”这一术

语的不到20%，就更别提投入实施了。同样，在2017年6月开展的一项对250家美国中小企业制造商的调查发现，有77%的受访者表示他们依然没有计划投入工业物联网技术的实施。

换言之，工业物联网技术依然处于早期阶段，大大小小的制造商在践行智能制造理念时依然存在许多障碍。Sikich调查中的中小企业制造商认为，缺乏对数字技术的认识、缺少内部专业知识和必要员工技能是他们在工业物联网投资面前止步不前的主要原因。更进一步讲，物联网技术依然面临互操作和标准化方面的挑战，一些软件和技术本身就存在缺陷，有很多问题需要解决。许多制造商尤其是中小企业，并不知道该从何处开始、如何部署数字技术，从而以能够带来积极投资回报的方式解决特定业务问题。

因此，各国为促进智能制造而采取的最重要方法之一是制定实施指南和成熟度指数。例如，美国数字化设计与制造创新中心正致力于开发一种“数字手册”，为小型制造公司提供开展数字化转型的“入门级菜单”，包括评估制造商面临的运营挑战，并分析如何通过部署实施数字技术以应对挑战。

同样，德国工业4.0整理德国制造商进行生产过程数字化的300多个案例。此外，德国科学和工程院制作了一个“工业4.0成熟度指数”，在其中描述了一个六阶段的工业4.0开发路径，它从工业4.0的基本需求开始，支持各种公司通过转型成为敏捷的学习型组织。如图1所示，这六个阶段

分别是：计算机化、连通性、可见性、透明度、预测能力和适应性。这些步骤描述了公司能力的变化，从简单的数字化（采用在线互联的计算机）到能够收集数据、实时了解工厂现场的状况及其原因，再到预期和预测（不管是机器故障模型还是需求变化都会影响订单，从而影响生产水平），最后到达能够实现自动响应的自优化工厂。

制造业数字化对生产力的影响

对于能够在运营流程中成功实现技术集成的企业来讲，数字化制造新技术的采用能够对生产力产生有意义的影响。然而，需要注意的是，正如麦肯锡全球研究所的观察发现，在之前工业革命中创造的大部分价值（在部分评估中占80%~90%）来自于用新机器替换旧机器。然而，这种资本密集型的替换仅占数字化制造产值的一半左右。因为在许多情况下，并不一定是对有机器的替换，而是

通过配备收集和传递数据的传感器对现有机器更高效地使用，来使企业获得所需信息，促进更好决策。因此，即使不发生机器替换，数字化制造也能提高生产率、支撑新的业务模式。

在提高工厂生产率之外（例如更少的机器停机时间、更快的流程运行速度），数字化制造的核心优势来自增强组织的快速情报处理能力（例如灵活地调整生产和输出，以响应顾客品味和偏好的变化或总体需求的强烈波动）。经济学家从此类效率提升看到了显著的价值。例如，经济合作与发展组织的研究发现，通过利用大数据技术实施的数据驱动型创新以显著改善产品、流程和组织方法，各类组织能比不采用这些技术的竞争对手提高5%~10%的生产率。研究表明，这样的组织在资产利用率、股东回报和市值方面也表现得更好。同样，Branstetter的研究结果表明，那些面向软件的制造公司能够从研发投入中获取

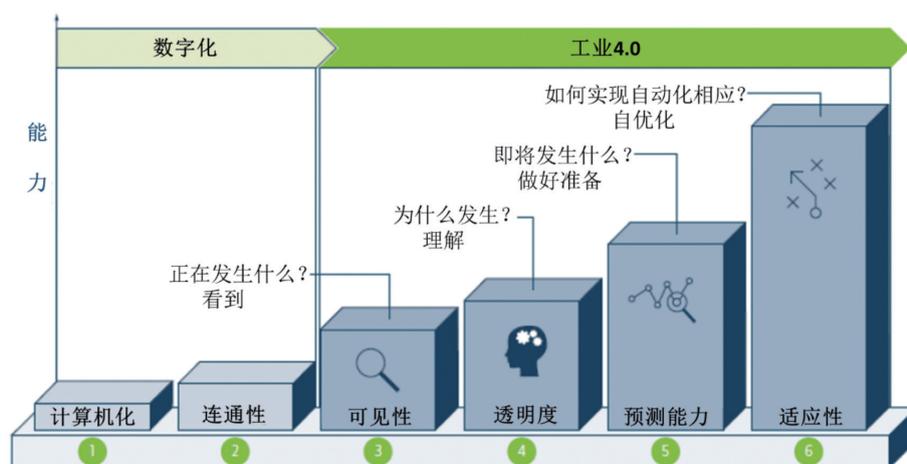


图 1 工业 4.0 开发路径的六个阶段

更多的专利，并在资本市场中收获更高的创投估值。同样，Barua、Mani和Mukherjee的研究表明，通过跨平台的、更简洁一致的数据呈现和数据操作，来将数据质量和数据访问率提升10%，大约能将劳动生产率的均值提高14%（虽然不同行业间存在显著差异）。Brynjolfsson, Hitt和Kim的研究发现，在数据驱动决策方面产生的投资回报比ICT技术其他方向的投资回报预期高出5%~6%左右。更进一步讲，ICT技术促进生产率。例如，根据Eden和Gaggl的计算，在美国劳动生产率增长中，2000年~2010年ICT技术的贡献占到47%，2010年~2016年占35%。

智能制造标准

自愿开发、行业主导、基于共识及市场驱动的产品和技术全球标准，对生产者 and 消费者都有好处。国际兼容的标准能够在规模经济中提高企业在技术采用和产品制造方面的效率，降低由适应差异化的区域标准而产生的成本。

然而，不幸的是，越来越多的国家和地区将强制性的标准作为贸易保护工具来阻止或限制外国公司进入其市场，以支持本国产业的发展，这一现象在ICT产业中尤为突出。通过对进口商品施加不公平的标准相关措施，外国政府代表其本国产业的利益在国际贸易体系中博弈，带来了损害消费者及本国数字部门竞争力的额外成本。据经合组织测算，遵循区域性特定技术标准会使进口产品的成本增加10%左右。因此，各国必须避

免使用孤立的专有标准和孤立的解决方案，政策制定者应鼓励使用全球化的通用ICT标准，包括应用于数字制造的标准。

允许由世界各地不同供应商制造的工厂、机器和产品相互通信和交互，在各国通用的一系列标准协议在实现智能制造愿景的道路中必不可少。要在单个模块、组件、设备、生产线、机器人、传感器、分类、名录、系统、数据库及应用需要与总体语义间建立共同标准，也需要关于数据如何在设备间无缝流动的共同标准。因此，架构、数据交换格式、词汇表、分类法、本体及接口的标准化将是在不同数字制造技术间创建互操作性的关键。

因此，标准化必须解决的两个关键问题是：如何确保不同制造商的解决方案之间具有可互操作的接口；为了在不同制造商、国家和地区间形成开放、灵活及成功的生态系统，如何建立至关重要的开放标准。谁在国际标准定义方面掌握先机，谁就有可能获得长期的竞争优势。

如果国际社会不能就工业4.0的相关标准达成一致，就会带来许多风险。首先，如果来自全球不同供应商的传感器、机器和软件无法实时交换数据，并形成数据、信息、智能之间的无缝流畅，那么智能制造的愿景就是空谈。此外，如果没有提供实现不同系统间互操作性的国际标准或通用解决方案，那么单个公司就存在技术锁定的风险。对于中小企业来讲，这一点尤其重要。如果专有解决方案带来的是对特定供应商的技术依

赖，他们可能不愿意对工业4.0相关技术或系统进行必要的投资。

在制定标准规范方面的国际竞争，意味着企业和机构之间需要密切合作。如图2所示，目前，在物联网和工业4.0方面有100多种不同的标准化举措。其中的一些组织是在企业对消费者和企业对企业的维度开展工作，另一些组织则更多的关注底层连接和应用程序。例如，国际标准化组织、国际电工委员会以及他们的联盟JTC1致力于集成复杂多样化的ICT技术，他们在整个标准化范围内都很活跃。万维网联盟（W3C）发起了一项重要的总体性举措“物网”计划，旨在建立一个“跨领域技术栈”，其目标是使用“事物描述规范”描述“互联的事物”，使其能够通过标准协议实现互操作。

事实上，所有制造商都希望提高生产力，降

低成本并增加收入。在不同行业，影响和驱动技术投资的要素不仅有赖于行业特征，还涉及到企业生产系统的动态特性以及战略、成本、上市策略和业务/运营环境等。这一观点指出，不管制造商是按单位还是按加仑称量产品，是批量生产还是连续生产，是离散制造还是流程制造，智能制造的许多典型应用（例如预测性维护、运营优化或库存优化）都会增加。换言之，不管工厂设备是用来制造飞机、汽车还是酿造啤酒、加工石油和天然气，物联网支持的设备都能促进运行状态的实时通信、故障检测，缩短意外停工时间等，这些应用在所有类型的制造环境中都同样重要。即在所有制造行业的车间、仓库和交通运输工具所部署的由物联网使能的制造执行系统、库存管理系统、资产管理系统或物流管理系统具有同等的应用价值。

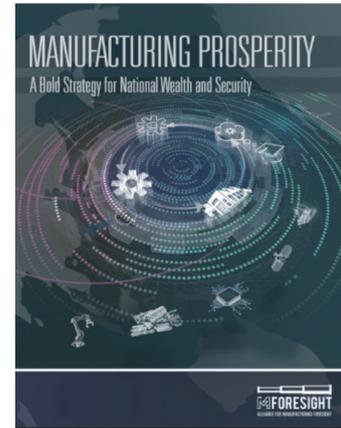


图 2 参与物联网和工业 4.0 标准化的组织

变革性的制造技术

作者：Sridhar Kota, 美国密歇根大学“赫里克”工程学教授、机械工程教授
Thomas C. Mahoney, 美国制造业前瞻联盟(MForesight)副主管

编者按：本文由本刊编辑部编译节选自2018年6月美国制造业前瞻联盟(MForesight)发布的报告《制造业繁荣——国家财富与安全的大胆战略》。



新技术的出现为重建美国在先进技术方面的制造竞争力创造了机会。跨领域技术和先进材料促进了美国国内生产，并影响多个行业。与此同时，包括制药和半导体在内的特定先进行业的产品和工艺技术转变，正在创造跨越现有标准实践的机会。制造业加剧全球市场的变化，成功的公司将能够迅速调整其物理和智能的基础设施，从而更好的利用技术变革。通过政府的支持政策和适当的投资，美国制造业可以重新获得领导地

位，重建工业共同体，从国家的研发支出中获取利益，并全面满足国家安全的需求。

智能制造

影响制造业的最广泛和最具影响力的变革是强大的计算、网络、传感、数据分析、机器学习和人工智能等技术的应用。大家都熟悉的名字——智能制造、工业4.0、工业物联网——制造业的数字化正在导致生产地点、方式以及参与全





球价值链的深刻变化。结合先进材料、纳米技术、可持续性、快速产品周期和其他市场力量，未来的制造将与大规模生产、成本最小化这些在过去三十年推动决策的战略大不相同。智能制造创造了在先进行业中重建国内生产的机会，通过提高效率、安全性、快速响应客户需求以及结合可持续性和资源优化的新产品来体现竞争优势。价值将来自上市时间、对需求变化的响应、库存优化、资产利用、资源优化和质量改进，而不是通过推动海上生产这样简单的成本最小化策略。美国工业面临的挑战将是快速有效地部署相关技术，并调整商业模式以利用这些新功能。

智能制造包括在工厂车间、生产者和消费者之间的通信网络中实施的一系列技术，以整合供应链，并遍及各级工业生产的所有物流、财务和管理系统。一些关键技术包括：

产品开发：精密的计算机辅助工程工具，包括优化、制造设计、材料选择和认证、实验统

计设计、数据分析和虚拟现实工具等，越来越多地用于设计和开发新产品，以减少产品引入失败，降低产品开发成本和满足定制市场利基。目前，加速产品研发是使用3D打印技术的公司的首要任务。将智能技术融入产品中也非常重要，因为消费者会期待连接、自感知和互动等。

分布式制造：与亚洲承包商合同制造已经成为电子和其他行业的标准操作程序，用于制造零件的机械车间一直是供应链的主要部分。然而，快速注塑、增材制造和CNC铣削（减法制造）等生产技术的进步正在扩大大地生产定制零部件和最终产品的机会。例如，总部位于马里兰州的Xometry，位于明尼苏达州的ProtoLabs和旧金山的Fictiv等公司，提供基于客户上传的数字零件设计的按需制造服务。软件定义制造是一种新兴的基于云的分布式制造概念，由IBM等倡导，其中零部件设计会与制造商社区共享，确定能够满足时间和数量要求的最佳生产商。

运营技术（OT）和信息技术（IT）的集成：OT/IT集成是智能制造的核心。带来了多种优势，例如，显著提高容量利用率，其平均值从目前的60%上升至85%，甚至更高。生产设备上的传感器（通常可改装）可跟踪温度、振动和电流负载等参数，结合对结果数据的有效分析，增强预测性维护，从而提高机器的正常运行时间。例如，一家密歇根的制造商通过应用传感器监控车间刀具的磨损，将正常运行时间增加了20%。新的商业模式也正在出现，例如，载有传感器的设备可进行数据采集，设备供应商可使用基于性能的合同来保证正常运行时间。

边缘计算：为了利用云计算的计算能力，同时避免其固有的延迟，边缘计算正在成为一种有效的方法，可以在本地处理传感器的数据以实现实时生产控制，然后在必要时将批量数据传递给云，用于深入分析。Saguna Networks等公司专注于边缘计算，其他公司，如Mocana和Rubicon Labs（均位于旧金山）专注于从传感器和工业控制系统到云的安全通信，以解决网络安全问题。

自动化和机器人技术：随着传感器、操纵器、控制系统、连接和处理能力的提高，工业机器人在功能方面正在快速进步。目前，四分之三的工业机器人用于这四个行业——运输设备、机械、计算机和电子设备、电气设备电器和组件。大约80%用于五个国家——中国、德国、日本、韩国及美国，中国显著领先。近年来，工业机器人的使用增长近20%，其中大部分在亚洲。但

是，2017年美国工业机器人的出货量创下历史新高，并在2018年初持续强劲表现。最近的一项创新是协作机器人（“cobots”），此机器人易于重新编程，可与生产人员一起工作，无需封闭在安全笼中。Rethink Robotics总部位于波士顿，是一家领先的cobot制造商，拥有易于培训、可快速部署的机器人，广泛应用于各种行业，如包装、加工和检验。由于机器人的价格相对便宜了很多，一家制造商估计不到200天的时间，就能收回机器人的成本。

增材制造：也称为3D打印，增材制造开始从模型和基本原理向生产转变，生产具有复杂几何形状的零件。增材制造业正在向大规模的生产应用迈进，这将对模具成本、材料、供应链及物流产生广泛影响。例如，通用电气公司飞机发动机已经使用金属增材制造来减少零件数量，从而将发动机的燃油效率提高15%。联合技术航空航天系统公司正在使用各种材料的金属增材制造以减轻重量、减少零件数量、缩短交货时间达80%。Adidas与Carbon合作，大规模生产3D打印定制鞋。通用汽车正与Autodesk合作，通过增材技术提高零件生产成品的数量。例如，3D打印的不锈钢座椅支架比其前代产品轻40%、强度高20%，只需一个就取代了八个零部件和多个供应商。许多初创企业承诺增加增材制造可用的材料目录，包括更广泛的金属和碳纤维复合材料。

基于这些技术，许多新业务模式正在兴起，它们为SMMs提供了功能强大的方法路径，

例如，按使用付费的建模和仿真，可降低成本、简化访问、提高灵活性。云计算能力消除了对专用且昂贵的硬件和软件的需求，从而降低了SMMs的进入门槛。智能设计工具是通过云提供的一种新兴技术，软件可检测不可制造的设计，并建议替代的解决方案，或者在某些情况下，仅创建易于制造的设计。Autodesk的Simulation 360就是这样的一个例子。

其他商业模式也在不断涌现，提供了在不断变化的制造环境中重新获得国内生产的机会。例如，制造即服务依靠共享使用网络的制造基础设施，使合同制造进一步发展。随着越来越多的制造基础设施——设计软件、生产计划和设备——的网络化，无需拥有任何生产设备便可满足更多品种的需求。这会显著降低成本、提高机器利用率、增加容量，提供更多产品功能和经济高

效的小批量定制生产的选择。

各个行业的颠覆性技术也为美国建立或重建强势地位创造了机会。在某些情况下，这些技术属于影响国家安全的重要行业，如半导体和制药。

系统级封装

半导体封装由于其劳动密集型特点，在20世纪80年代变成离岸产业。如今，全自动化的新兴封装技术——系统级封装（SiP）正在创造一个恢复国内封装业务的机会，这是重新控制先进半导体价值链的重要一步。

目前，英特尔和格罗方德（GlobalFoundries）运营着美国最先进的半导体工厂，两家公司都将完成的硅片运往亚洲进行封装。随着特征尺寸的不断减小，最新技术已达到7纳米及以下，片上系统（SoC）的多功能集成和三维集成电路等，都



是最先进的技术，引领了行业发展。SiP是 SoC的互补技术，多个硅芯片放置在单个封装中，并使用引线键合或焊料凸点连接，以减小整个系统的尺寸。像苹果这样的公司正在使用SiP将多个组件——中央处理器、逻辑、模拟和内存——封装成一整个。

封装起初是一个手动过程，现在基本是自动化的。但封装产业依然继续留在亚洲，建立在丰富的经验基础上，自20世纪80年代以来，领先的封装公司将工艺不断完善。现有包装设施不断被淘汰，SiP的出现及其发展为在美国重建封装能力创造了机会。通过适当的激励措施，可以在美国现有的晶圆厂附近发展SiP业务，同时也为在附近建立电路板装配厂提供有力条件。随着数字化的普遍推广，通过利用不连续技术SiP，在这个国家重建更多的半导体价值链，将对国防电子和大多数硬件部门产生积极影响。

药品的连续制造

固体形式的药物通常是批量生产的，将活性成分和惰性成分以精确的比例组合，然后进料到丸剂形成或胶囊填充的机器中，批量制备成最终的产品。批量生产过程中，许多步骤都需要时间，并且可能会出错。多条生产线提高了产量和种类，但也增加了质量缺陷的风险。此外，必须在批次之间清洁混合器、进料器及其他设备，以避免交叉产品污染。批量生产是相对劳动密集型的，也就解释了为什么制药产业大多在中国和印

度，尤其是仿制药。

基于粉末的药物的连续制造（CM）方法，通过不间断的过程消除了批量处理，从而实现更快、更可靠的生产。CM可缩短生产时间，实现更精确的生产控制，降低错误和故障的可能性。该技术可用于整个生产过程或更大过程中的特定操作。罗格斯大学的结构有机颗粒系统中心与其他大学和工业界合作，一直是CM技术发展的领导者。

美国国会认识到CM为药物生产提供的潜力，于2016年制定了“21世纪治疗法案”，该法案授权拨款支持CM的持续发展。美国食品和药品管理局鼓励企业采用CM，提供技术支持，并向希望应用CM和其他技术的行业给予指导。越来越多的制造商，如：礼来（Lilly）、福泰（Vertex）、杨森（Janssen）等公司开始使用CM。随着对精准药物和对患者需求快速响应的要求日益严格，CM可以为国内药品生产以及未来其他高价值化学品生产创造竞争优势。

这些只是针对已经使用或正在出现的技术的一个样本，将对制造的地点及方式产生深远影响。美国有机会发挥领导作用，因为其中许多技术依赖于美国在设计、软件和网络方面的优势。但要抓住竞争优势，需要广泛的传播和实施这些赋能技术。尽管有很多证据表明，智能技术的实施已大大超出了对效率增益和投资回报的预期，但只有很少的制造商在实施方面取得重大进展。缺乏知识、害怕、技能可用性，以及专注于满足生产目标的日常



压力等因素阻碍中小企业快速发展。

获得智能制造领域的领导权应被国家高度重视，并优先发展，通过有针对性的计划和政策，加快其实施。包括调动专业知识；提供购买技术的财政资源；加快制定所需标准；确定适用于不同规模、不同行业、不同公司的高效技术实施路径。联邦、州和地方政府以及贸易协会和其他行业组织都要发挥相应作用。有些已经做出了很大贡献，底特律地区的自动化巷就是一个例子。

智能制造终将得到普遍推广，并对国家经济实力和国防产生至关重要的影响，因此，在国内生产中使用先进技术非常重要，不仅包括设计，还包括制造。传感器、控制器、网络，以及数据分析和机器智能的其他硬件，这些需求太重要了，所以不能依赖外国资源。从安全角度来

看，目前中国提供商中兴和华为的无人机和电信设备应用的原则也应该适用于智能制造。从竞争力角度来看，智能制造技术不断发展，要确保技术实施中持续改进和先发优势的最有效的方法是在国内制造这些电子产品。

美国制造业需要走在颠覆性技术带来的变革浪潮前列。消费者的需求要得到即时满足，市场正在发生巨大变化。智能技术遍布整个行业：自动驾驶汽车、无人机、分布式能源和智能电网，以及国防生产的所有领域。美国在研发能够实现所有变革的技术研究方面处于领先地位，但尚未保持生产能力以占领全球市场、增值及创造财富。这个失败影响了经济和国家安全的长期健康发展。通过增加新产品渠道，投资制造这些新产品所需的制造能力，以及激励智能制造技术的广泛应用实施，美国便可重新获得其制造业领导地位。

德国生物经济战略与创新

编者按：本文由本刊编辑部编译节选自德国联邦教育与研究部2018年4月发布的《德国生物经济研究：成果及面临的挑战》。



图1 研究人员在记录绿色作物的状态

生物经济使我们能够负责任地使用自然资源，同时也保证发达社会的持续繁荣。生物经济具有普遍性，涵盖一系列行业。除了创新的巨大潜力外，生物经济跨越经济的每个领域，提供了经济增长与自然环境保护协调发展的机会。依从自然物质循环的方向是生物经济的指导原则之一。早在2010年，在德国联邦教育与研究部（BMBF）的支持下，联邦政府采取了具体步骤，通过“生物经济国家研究战略2030”发展德国生物经济，在此过程中成为该领域的全球领导者。

生物经济——可持续经济的基础

面对原材料供应、气候加速变化以及不断增长的世界人口等问题，需要有可持续、资源节

约型经济活动的战略。这就是基于自然物质循环和创新的生物经济真正发挥作用的地方。

在过去200年中，全球经济增长很大程度上是基于化石原料的使用，带来了世界工业化国家的繁荣。增加的技术和工程知识导致矿石、矿物、石油、天然气和煤炭被大量开采和消费。同时，这些工业活动为持续的技术进步和全球经济增长奠定基础。

德国也因这些发展而成为世界上最强大的工业化国家之一。然而，我们只需要思考导致这种工业成功的原材料就会发现，多年来的发展是基于对它单方面的依赖。如今，石油仍然是许多行业最重要的能源和原材料来源，尽管其钻探和使用会对环境造成重大破坏，并对气候产生负面

影响。应该牢记，预测到2050年，全球人口将超过90亿，因此，我们急需改变思维方式。



图2 世界上有些地区还在用牛耕地

1、如何兼顾经济和生态？

如何在不进一步耗尽自然环境的情况下获得未来数十亿人的给养？随着发展中国家和新兴国家开始繁荣，增加对全球范围内的产品、服务、能源和工业基础设施的需求，这一挑战只能变得更大。考虑到这些挑战，21世纪全球社会需要开发可持续经济活动的新的解决方案和方法，从而实现代际公平和对自然资源负责的使用。

推动生物经济的指导原则是什么？

生物经济的创新潜力可在这方面做出重要贡献。它为调和经济和生态问题提供了一个明智的解决方案，从而实现了长期可持续的生物基础生态增长。

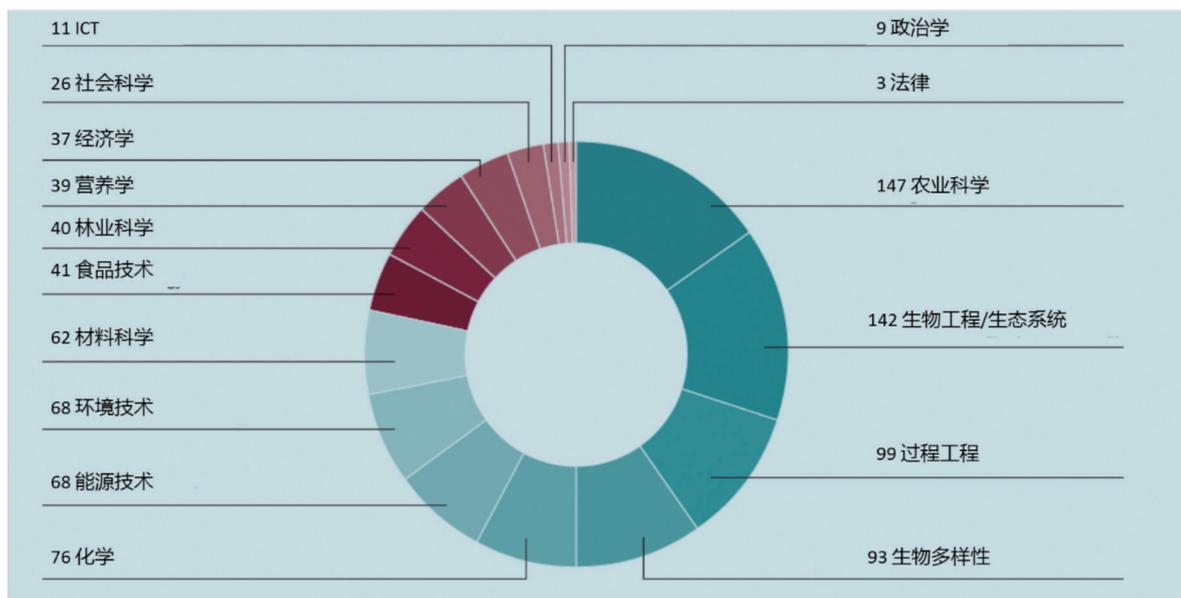
生物经济涉及为经济目的选择性地使用生物学资源，无论是植物、动物、废弃物或天然生物，还是其组分，如酶、蛋白质或其他生物分子。生物经济提供了从大自然的效率中获利的机会，并将这些益处应用于产品、流程和服务。在实践中，生物经济可以是多种多样的，包括所有行业，例如，农业、林业、机械工程、化学、制药、能源、食品、纺织品、消费品及建筑。这部分经济将涉及全新的产品和服务，这些产品和服务将首次通过应用以知识为基础的技术成为现实，但另一方面，当前的流程、产品和服务将进行调整来满足可持续经济活动的要求。



图3 现代收割机在收获作物

2、生物经济作为创新的驱动力

生物经济在很大程度上受生命科学创新的推动，但它与自然科学领域内很多其他基础研究也保持着紧密联系。图4是2016年由BMBF委托进行的生物经济研究调查所载的信息，大约750家大学研究院、技术大学和其他组织被问及他们在生物经济领域的活动。该研究不仅关注可再生原材料，还关注过程的生物基解决方案，涵盖整个生物资源范围，直至微生物、细胞和单一生物成分。因



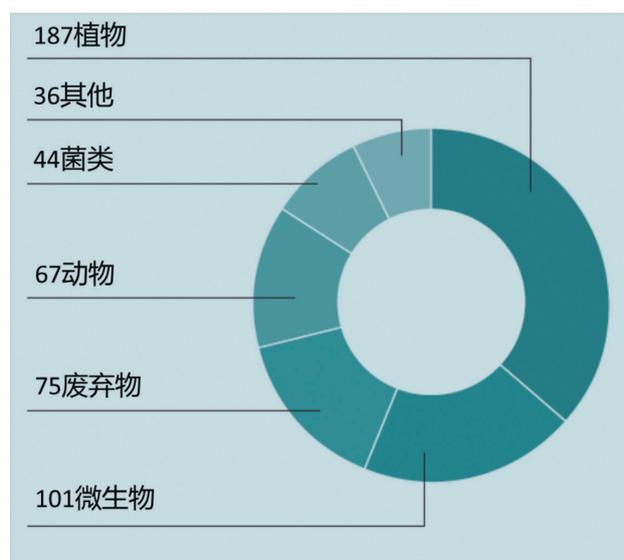
各机构的详细信息绝对数字 (n=305) ; 资料来源: 德国生物经济研究调查, bioökonomie.de, 2017

图 4 德国与生物经济相关的研究机构的方向概述

此,可以说生物经济研究与各种行业密切相关。

基于图5显示研究中使用的生物原料。基于生物的创新已经彻底改变了整个工业部门。生物精炼的概念不仅经常用于化学和能源工业的生产过程,而且还用于食品行业。生物基原料越来越多地被用于整个行业,在回收或废物产品的工业加工中建立价值链。纺织品制造商开始信赖食品工业废料产生的纤维;咖啡渣或木材被用作生物塑料的原料;橄榄叶提取物可代替传统化学品,以环保的方式用于制革工艺。

专家认为,生物经济具有创新和革新的能力,在规模上可与今天的数字化相比较。数字化也需要转变和开放的经济思想。预计生物经济也将发生类似的深刻转变——作为一个整体方法,



各机构的详细信息绝对数字 (n=305) ; 资料来源: 德国生物经济研究调查, bioökonomie.de, 2017

图 5 研究中使用的生物原料

可将经济增长与可持续发展结合起来。因而，在政治层面上，生物经济被理解为涉及研究、能源、工业、农业、林业、渔业、气候、环境以及发展政策的一个非常广泛的概念。



图6 将植物放在试管中

生物经济的政策和研究背景

生物经济有可能带来经济结构的彻底改变，并推动其实现可持续发展。2010年，随着“生物经济国家研究战略2030”的通过，德国联邦政府成为世界上第一个将生物经济纳入研究和创新政策议程的国家之一。两年后，继续以跨部门政策战略的形式发展。生物经济也在德国国家可持续发展战略中发挥重要作用。

该如何设想可持续发展的未来？可持续发展能力和经济增长是否存在矛盾，或者它们能相互补充吗？是否可将物质不断增长的需求与对可用资源的负责任使用相结合？如何在全球范围内承担责任的同时确保我们的繁荣？研究和发

展是回答这些问题的关键。然而，在国家与国际层面，需要一个合适的框架，相关的社会参与者在



图7 由秸秆作为生物燃料，使用两个大型钢制锅炉，在每个锅炉盖的中部安装有厚的银色管和蓝色的控制传感器

1、清晰的跨部门战略愿景

德国政府在早期就同意研究政策如何推动可持续生物经济的发展。2010年底，德国成为首批发布长期跨部门“生物经济国家研究战略2030”的国家之一，德国生物经济的发展从此迈出坚实的一步。

该战略是在BMBF的支持下与其他六个部门合作起草的。在BMBF的支持下，提供了大约24亿欧元的研发资金（R&D）。“生物经济国家研究战略2030”发布时便确定所有目标和愿景，并在国际层面上树立高标准。几乎没有任何其他国家在这么早的阶段就决定如此广泛地参与生物经济，包括其对工业结构变化、气候和环境保护的重要性，以实现可持续的经济增长。关于生物经济的初步研究政策内容，已经确定了五个行动领域：

- 确保全球营养供应；
- 确保可持续农业生产；

- 生产健康安全的食品；
- 将可再生资源用于工业；
- 开发基于生物质的能源载体。

在此基础上，又商定出另外四个跨部门的活动：

- 加快转入实践；
- 利用国际合作和知识分享的潜力；
- 以知识为基础的生物经济的跨学科扩展能力；

- 加强与社会的对话。

并制定了以下准则：

- 粮食安全应始终优先于生物质的其他应用；
- 智能地链接价值链将减轻各种生物质应

用之间的竞争，例如，联合或串接使用；

- 生物经济必须应用对环境和资源友好型生产，对自然和动物友好，同时也是道德上可接受的，将此作为评估的基准。

2013年夏，联邦政府通过“国家生物政策战略”，标志着可持续的生物经济又迈出一个里程碑，这是一份在内阁层面达成一致的出版物。该政策在政府部委中有效，是在联邦粮食和农业部的支持下起草的，旨在促进更加协调一致的政策制定。生物经济领域的相关政府活动得到了联合部长级工作组的协调和推动，该工作组在2016年夏发布了第一份进展报告。专家们发现，政策战略背后的指导思想已被纳入联邦政府的政策和项目措施的资助计划中。



图 8 生物炼制研究中心

2、生物经济的进一步发展研究议程

2016年，弗劳恩霍夫系统与创新研究所（Fraunhofer ISI）根据“生物经济国家研究战略2030”评估了BMBF项目资金。由于其普遍性和创新性，生物经济已经被纳入2014年版的联邦政府高科技战略中。生物经济与未来的优先事项特别相关，例如“可持续的经济活动”。

(1) 生物经济对全球可持续发展目标的贡献

在实现2015年国际社会通过的全球可持续发展目标的过程中，生物经济起着非常重要的作用。全球共有193个国家商定17项可持续发展目标，作为“可持续发展议程2030”的一部分，强调负责任地使用自然资源的重要性，超过一半的可持续发展目标与生物经济相关。无论是全球粮食安全、获得清洁水、生物多样性保护还是与城市、消费或经济增长相关的可持续发展战略——可持续发展的雄伟目标只能通过基于自然物质循环和生物技术的资源高效处理实现。因此，对实现可持续经济实践的创新解决方案的需求比以往任何时候都高。这些解决方案必须满足对可再生原材料日益增长的需求，同时不影响粮食安全或我们的自然生活。有针对性的创新和研究政策可以极大地促进这些发展，因此，生物经济研究政策越来越多地与可持续发展政策的其他领域联系在一起。我们在政府层面上看到了国家可持续发展战略、国家生物多样性战略、绿色经济研究议程、可持续性研究的第三个框架项目和德国资源效率项目。

(2) 衔接生物经济和数字化

与生物经济相关的关键技术发展对其未来的增长非常重要。这首先适用于数字化和工业4.0的趋势。许多专家认为，这些技术的进步为结构变革铺平了道路，这对于生物经济也具有重要意义。在这种背景下，建议将来科学和经济领域的许多平行的发展可结合在一起，并为整个德国带来利益。

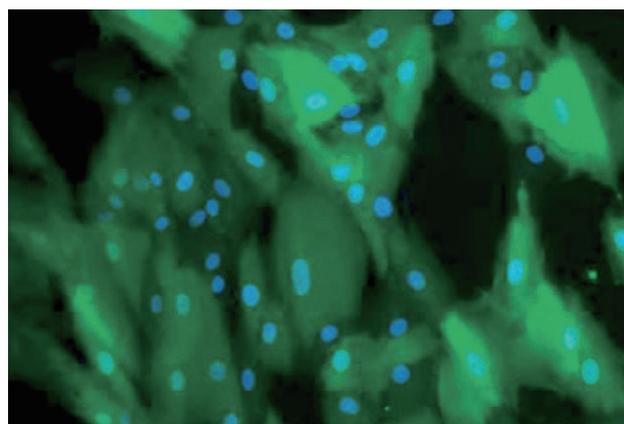


图9 显微镜下的细胞，研究人员正在寻找新的食品成分

生物经济的创新

在“生物经济国家研究战略2030”的支持下，自2010年以来，各参与部门实施一系列措施，带来生物经济的创新。截至2016年底，仅BMBF就通过36项资助计划，提供了大约10亿欧元资金。

只有价值链上的各方都参与其中，才能实现可持续的生物经济——从研究和开发团队开始，然后继续与生产者和工业用户一起，直至客户。“生物经济国家研究战略2030”的目标是加

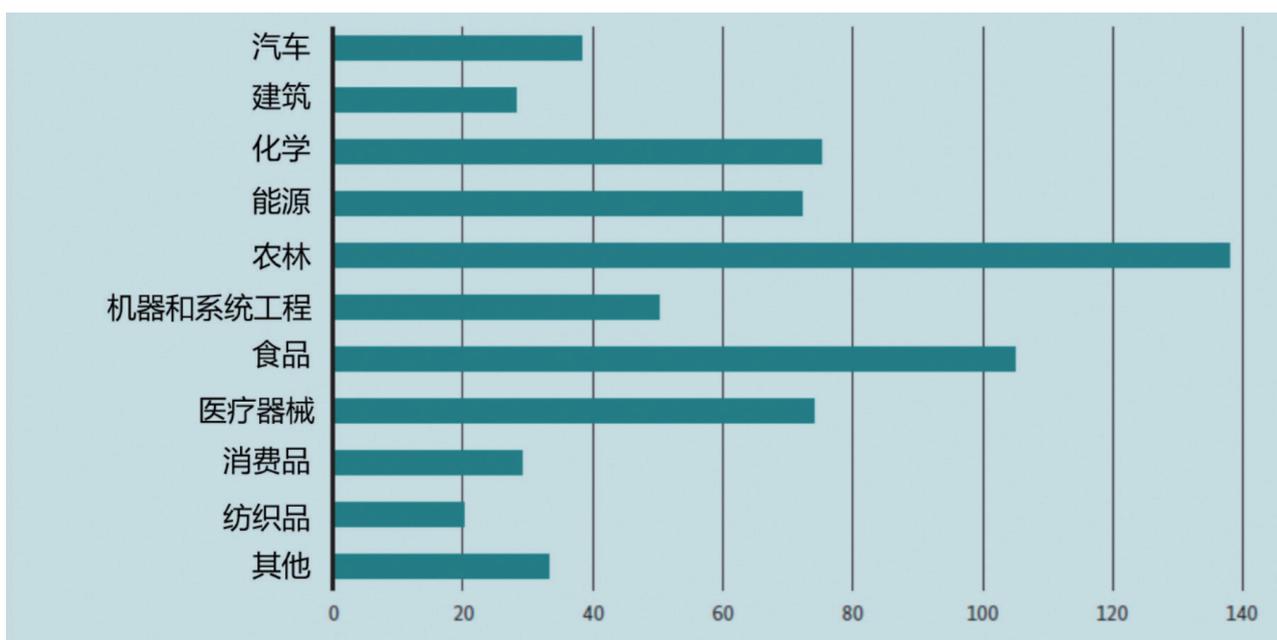
快向可持续发展的经济转变，不仅产生更多的生物基产品、服务和制造工艺，而且还将其推向市场。希望能够为21世纪面临的社会挑战提供解决方案，该过程被指导并分解为五个行动领域和四个跨部门的活动，与之前的“生物技术框架计划——利用和创造机会”相反，推动纯粹的技术发展将被抛弃，转而支持基于应用和解决问题的视角出发。这种重新概念化与该主题的开放密切相关，不再局限于生物技术的狭隘概念，而是扩展到包含基于生物的创新，这是以生物资源、方法和规程的多样性为基础的现代生物经济的重要部分。为此，它为经济开发应用和产品：从农业和食品工业到化学、制药、汽车及纺织部门。



图 10 用基于在线的方法来监控过程质量

1、越来越多的行业相关性

BMBF委托的研究机构的评估中，明确指出科学和经济之间界限的应用研究的重要性日益增加。结果大约750家研究机构开展的活动被确定为从事生物经济工作，与工业特别相关（见图11）。



各机构的详细信息绝对数字 (n=305)；资料来源：德国生物经济研究调查，bioökonomie.de, 2017

图 11 机构受益部门的调查结果

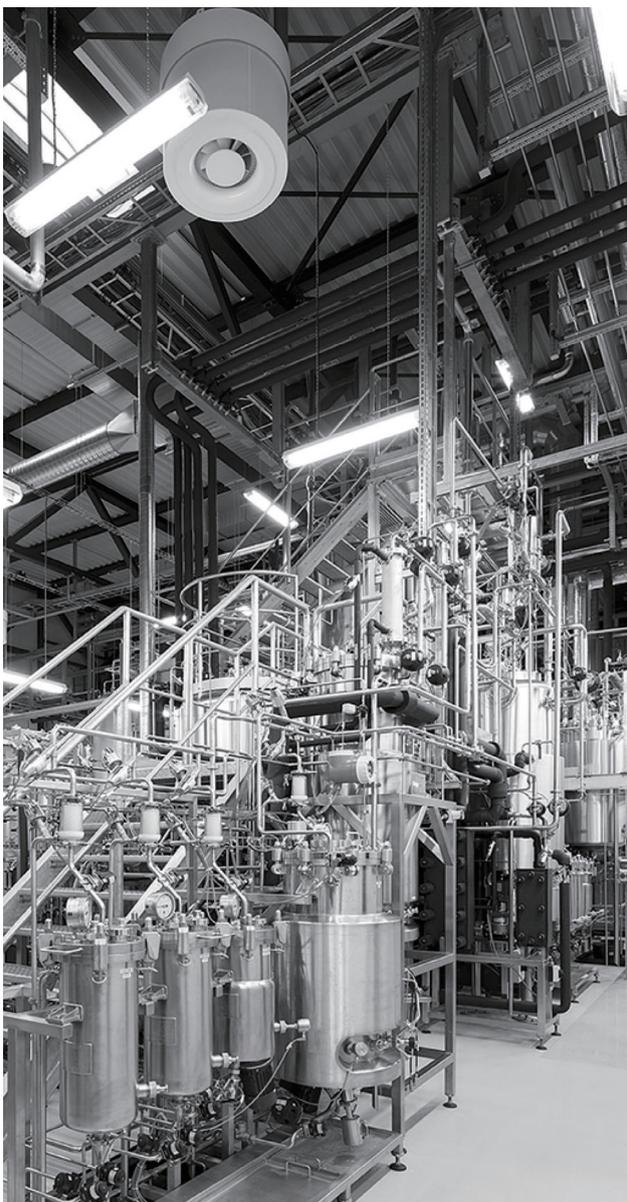


图 12 弗劳恩霍夫 CBP 的生物炼制室

2、应用研究和创新型中小企业的投资

在这方面，“生物经济国家研究战略2030”针对的是科学和工业领域的多元化群体，包括自然和社会科学领域的研究学科，以及跨部门运作

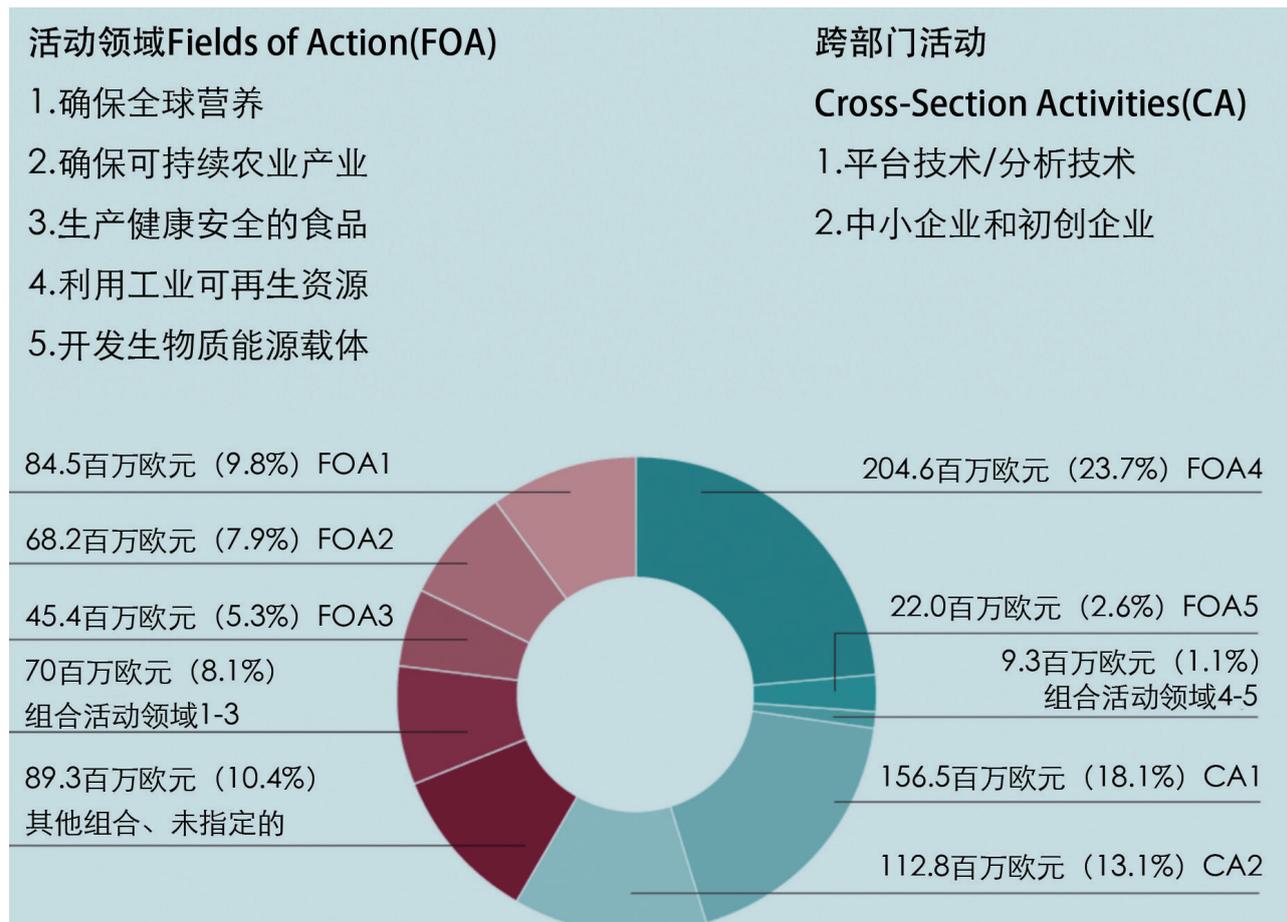
的公司，参与部委的活动相应地也是多方面的。仅BMBF作为战略先行者，已在各个行动领域和跨部门活动中设立30多项资金措施，其中12项是从之前的计划继续或进一步发展而来。根据德国弗劳恩霍夫协会系统与创新研究所（以下简称弗劳恩霍夫ISI）的评估，这些措施已促成约1800个人和联合的项目，获得总额约为8.76亿欧元的资金。该评估于2016年开展，涵盖了BMBF在2009年5月至2016年1月期间开展的所有生物经济活动，作为“生物经济国家研究战略2030”的一部分。此外，为参与的研究机构和公司分配了另外2.81亿欧元资金用于生物经济研究。分析发现，大多数BMBF资助者都是在科学而非工业中运营，几乎三分之二的资助项目在大学或其他研究机构进行，另一方面，中小企业获得了近三分之一的资金。

3、关键领域

弗劳恩霍夫ISI将2009年至2016年期间相关的28项投资措施按照主题进行分类汇总，尽可能地根据其活动所属领域进行分类，从而深入了解BMBF投资组合的内容。该研究所因此得出，这段时间的主要资助重点是植物育种和农业研究、工业生物技术以及中小企业和初创企业的推进。按行动领域安排，农业和食品工业的许多项目获得特别支持。仅三个行动领域——确保全球营养、确保可持续农业生产及生产健康安全食品，就获得BMBF高达2.68亿欧元的投资。占总资金的31%（见图13）。

BMBF还专注于“将可再生资源用于工业”行动领域，并给与2.05亿欧元（占总资金的23.7%）。BMBF在“开发基于生物质的能源载体”行动领域和相关活动中仅投资约3100万欧元（3.7%），以研究层叠使用生物质的可能性。评估还发现，跨部门活动在BMBF的生物经济资金中占很大比例，这尤其适用于发展跨学科的能力和知识转移。弗劳恩霍夫 ISI的投资组合分

析还发现，共有1.57亿欧元（18.1%）的BMBF资金用于“平台技术/分析技术”，另外有1.13亿欧元用于中小企业和初创企业的发展（13.1%），跨越多个领域。根据分析发现，另外8900万欧元（10.4%）的资金没有分配给特定或跨越多个领域的项目。至少有一半的基金支持国际合作或实现开放的可能性。共计1.386亿欧元（14.4%）用于国际网络化项目。



资料来源：生物经济国家研究战略评估 2030，投资组合分析，Fraunhofer ISI，2017
 * 包括通过 29 项 BMBF 资助措施授予的资金（2009 年 5 月 5 日至 2016 年 1 月期间）

图 13 根据“生物经济国家研究战略 2030”分配 BMBF 基金

中国科协 智能制造学会联合体

Intelligent Manufacturing Alliance of CAST Member Societies



秘书处地址：北京市海淀区首体南路9号主语国际4号楼11层（100048）

联系电话：010-68799041

邮 箱：yangl@cmes.org